

## OPADY W 2010 ROKU W KARPATACH POLSKICH NA TLE WIELOLECIA 1881–2010

*Anna Woźniak*

### Precipitation in the Polish Carpathian Mountains in 2010 compared to the period 1881–2010

*Abstract:* The paper characterises the annual and monthly precipitation recorded in the Polish Carpathian Mountains in 2010 against a wider background of the period 1881–2010. Monthly precipitation totals were taken as the input data covering the period 1881–2010 and recorded at 11 stations, including: Wisła, Bielsko-Biała, Żywiec, Maków Podhalański, Zakopane, Nowy Sącz, Krynica, Jasło, Dukła, Sanok and Wetlina. The study demonstrates that the precipitation totals of 2010 were among the highest during the period and their anomaly was either high or extremely high, depending on the criterion adopted. The highest totals were recorded in the Beskid Śląski, Beskid Żywiecki and Beskid Mały ranges, in the Silesian Foothills and in the Tatras. When compared to the long-term average, the totals of 2010 ranged from 139% in Maków Podhalański and Wetlina to 159% in Nowy Sącz. At five of the stations the precipitation totals were the highest of the period. At all of the stations the monthly totals between May and September were higher than average and at all but one station (Jasło) the combined total of these months was the highest during the long-term period constituting between 72% (Wetlina) and 79% (Nowy Sącz) of the annual total in 2010. There was a difference between the eastern and western part of the study area in the monthly pattern. May yielded very high totals at all stations, including the highest of the long-term period at eight of them, constituting between 259% (Jasło, Dukła) and 497% (Żywiec) of the long-term average. At the other end of the spectrum, the October totals were anomalously low. An increased incidence of cyclonic circulation types was accountable for the high precipitation totals recorded in southern Poland in 2010.

*Key words:* precipitation totals, precipitation norm and anomaly, 2010, Polish Carpathian Mountains

*Zarys treści:* W artykule scharakteryzowano sumy roczne i miesięczne opadów atmosferycznych w Karpatach Polskich w 2010 r. na tle wielolecia 1881–2010. Podstawę badań stanowiły miesięczne sumy opadów z wielolecia 1881–2010 z 11 stacji: Wisły, Bielska-Białej, Żywca, Makowa Podhalańskiego, Zakopanego, Nowego Sącza, Krynicy, Jasła, Dukli, Sanoka i Wetliny. Wykazano, że opady w 2010 r. były jednymi z największych w rozpatrywanym 130-leciu. W zależności od przyjętej metody delimitacji sklasyfikowano je jako anomalnie wysokie lub skrajnie wysokie. Największe sumy opadów w tym roku na obszarze badań wystąpiły w Beskidzie Śląskim, Żywieckim, Małym, na Pogórzu Śląskim oraz w Tatrach. Stwierdzono różnice w przebiegu rocznym opadów we wschodniej i zachodniej części profilu. Na wszystkich stacjach wyjątkowo duże opady były w maju; na 8 stacjach były one największe od 1881 r.

*Słowa kluczowe:* sumy opadów, norma i anomalia opadów, 2010 r., Karpaty Polskie

## Wprowadzenie

W Karpatach Polskich na opady atmosferyczne mają wpływ głównie czynniki cyrkulacyjne oraz geograficzne – urozmaicona rzeźba terenu i duże wysokości nad poziomem morza (Niedźwiedź, Obrębska-Starkłowa 1991; Cebulska i in. 2007). Zróżnicowanie środowiska geograficznego tego obszaru sprzyja występowaniu obfitych opadów będących przyczyną wezbrań i powodzi. Opady te mogą mieć charakter ulewny, o zasięgu lokalnym, lub rozlewny, o dużym zasięgu terytorialnym (Cebulak 1998–1999). Synoptyczne przyczyny występowania wysokich opadów w Polsce Południowej są dobrze poznane i opisane w literaturze (przede wszystkim Milata 1955; Mycielska 1979), a szczególnie dokładnie są udokumentowane przypadki katastrofalnych powodzi w dorzeczu górnej Wisły (Mycielska, Michalczewski 1972; Niedźwiedź, Czekierda 1998; Grela i in. 1999; Maciejewski i in. 2011).

Powódź w maju i czerwcu 2010 r. w Polsce Południowej była skutkiem długotrwałych i intensywnych opadów, przede wszystkim na obszarze Pogórza Śląskiego, Beskidu Żywieckiego, Śląskiego i Małego oraz Tatr (Maciejewski i in. 2011). Rok 2010 był jednak wyjątkowy nie tylko pod względem dużych opadów w maju, lecz wyróżnił się również niezwykle wysokimi opadami w innych miesiącach, a w konsekwencji sumami rocznymi. Celem tego opracowania jest charakterystyka sum opadów atmosferycznych w 2010 r. w Karpatach Polskich na tle okresu 1881–2010.

## Dane i metody

Podstawę opracowania stanowiły miesięczne sumy opadów atmosferycznych z 11 stacji położonych w Polskich Karpatach: Wisły, Bielska-Białej, Żywca, Makowa Podhalańskiego, Zakopanego, Nowego Sącza, Krynicy, Jasła, Dukli, Sanoka i Wetliny

(tab. 1) z lat 1881–2010. Dane te pochodzą z wydawnictw niemieckich i austriackich oraz z roczników Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego (obecnie IMGW), tj. hydrograficznych, meteorologicznych, opadowych oraz materiałów do bilansu wodnego Polski. Dane z niektórych stacji po 1982 r. uzyskano z Głównego Urzędu Statystycznego i bezpośrednio z Oddziału IMGW w Krakowie. Część danych pozyskano także z depesz synoptycznych SYNOP z hiszpańskiego serwisu informacji pogodowej Ogimet ([www.ogimet.com](http://www.ogimet.com)). Ciągi opadowe zostały zgromadzone i sprawdzone pod kątem ich jednorodności przez M. Cebulską i R. Twardosza (2012). Stacje uwzględnione w opracowaniu tworzą profil równoleżnikowy. Różnica wysokości między najwyższą i najniższą położoną stacją osiąga niemal 600 m, zróżnicowanie opadów w 2010 r. na obszarze badań nie wykazuje jednak oczywistej zależności w profilu wysokościowym, co dodatkowo zaznacza się na stacjach położonych we wklęsłych formach terenu (Żywiec, Nowy Sącz, Jasło i Sanok).

Tab. 1. Charakterystyki położenia stacji meteorologicznych

Table 1. Characteristics of the weather station sites

Stacja/Station	H (n.p.m.)/Alt. (a.s.l.)	Współrzędne geograficzne / Geographical coordinates	
		$\phi$ N	$\lambda$ E
Wisła	430	49° 39'	18° 52'
Bielsko-Biała	322	49° 49'	19° 04'
Żywiec	457	49° 41'	19° 13'
Maków Podhalański	350	49° 44'	19° 40'
Zakopane	844	49° 18'	19° 57'
Nowy Sącz	292	49° 37'	20° 12'
Krynica	613	49° 26'	20° 58'
Jasło	247	49° 45'	21° 29'
Dukla	361	49° 34'	21° 41'
Sanok	314	49° 34'	22° 12'
Wetlina	708	49° 09'	22° 29'

Na podstawie uzyskanego materiału obliczono średnie, określono największe i najmniejsze sumy miesięczne i roczne opadów oraz częstość pojawiania się opadów o wielkości anomalnej według metody Z. Kaczorowskiej (1962) i S. Mrugały (2001). Kryteria zaproponowane przez Kaczorowską (1962) odnoszą się do opadów sezonowych oraz rocznych i opierają się na przedziałach procentowych średniej sumy wieloletniej. Według tej metody okresem o opadach normalnych jest ten, w którym opady wyniosły 90–110% średniej, okres o opadach 75–89% to okres suchy, 50–74% – bardzo suchy, poniżej 50% – skrajnie suchy, okres z opadami 111–125 % średniej sumy wieloletniej to okres wilgotny, 126–150% – bardzo wilgotny, powyżej

150% – skrajnie wilgotny. Zakres zmienności sum miesięcznych, znacznie większy niż w przypadku opadów rocznych lub sezonowych, został uwzględniony w kryterium zaproponowanym przez Mrugałę (2001). Normę opadów miesięcznych stanowi przedział, którego dolna i górna granica są określone przez odchylenie przeciętne dodatnie i ujemne od średniej wieloletniej. Sumy opadów powyżej i poniżej tak wyznaczonej normy są anomalnie wysokie (anomalna dodatnia) i anomalnie małe (anomalna ujemna). Tę ostatnią metodę zastosowano również do określenia częstości rocznych opadów normalnych i anomalnych.

## Sumy roczne opadów atmosferycznych

Na rozpatrywanych stacjach w Karpatach Polskich średnie roczne opady wynoszą od 833 mm w Dukli do 1187 mm w Wiśle (tab. 2). Najniższe sumy roczne osiągnęły wartości od 442 mm w Nowym Sączu (1932 r.) do 843 mm w Wiśle (1917 r.). Najwyższe opady sięgają od 1160 mm w Nowym Sączu (2010 r.) do 1694 mm w Wiśle (2010 r.). Współczynnik zmienności wyniósł od 15% do 19% (tab. 2), co wskazuje na umiarkowaną dyspersję opadów rocznych na poszczególnych stacjach, z zaznaczającym się jej wzrostem w kierunku wschodnim.

Tab. 2. Charakterystyki statystyczne sum rocznych opadów (1881–2010)

Table 2. Statistical characteristics of annual precipitation totals (1881–2010)

Stacja/Station	Średnia/ Average [mm]	Najwyższa/ The highest [mm]	Najniższa/ The lowest [mm]	Współczynnik zmienności/ Variability coeff. [%]	Suma w 2010 r. [% śr.]/Total in 2010 [% avg.]
Wisła	1186,8 ± 15,9	<b>1694,4 (2010)</b>	843,0 (1917)	15	143
Bielsko-Biała	995,8 ± 14,9	1508,0 (1966)	623,0 (1917)	17	149
Żywiec	880,7 ± 14,0	<b>1321,4 (2010)</b>	502,2 (1917)	18	150
Maków Podhalański	909,7 ± 14,3	1371,0 (2001)	499,0 (1881)	18	139
Zakopane	1131,3 ± 16,0	<b>1612,5 (2010)</b>	771,0 (1917)	16	143
Nowy Sącz	728,9 ± 10,7	<b>1159,6 (2010)</b>	442,0 (1932)	17	159
Krynica	862,7 ± 12,5	<b>1343,8 (2010)</b>	548,0 (1921)	17	156
Jasło	720,8 ± 12,1	1210,3 (1893)	456,0 (1917)	19	146
Dukla	832,6 ± 13,2	1277,9 (1893)	548,0 (1961)	18	144
Sanok	785,9 ± 13,4	1210,3 (1893)	445,0 (1917)	19	149
Wetlina	1075,4 ± 18,1	1709,0 (1998)	719,7 (1881)	19	139

Pogrubione zostały wartości z 2010 r.

Values from 2010 is indicated in bold.

W przebiegu wieloletnim rocznych sum opadów na większości stacji nie stwierdzono istotnych trendów zmian – z wyjątkiem Wetliny, Żywca i Dukli (tab. 3), a jedynie mniej lub bardziej regularne kilkunastoletnie fluktuacje (Brzeźniak 2007; Cebulska i in. 2007). Na podstawie przebiegu średniej konsekwtywnej 11-letniej rocznej sumy opadów na wybranych stacjach (rys. 1) daje się jednak zauważyć wzrost ilości opadów od końca lat 80. XX w. Na kierunek tego trendu wyraźnie wpłynął rok 2010 ze skrajnie dużą sumą opadów.

Tab. 3. Współczynniki trendu sum opadów rocznych opisanego za pomocą regresji liniowej względem czasu (1881–2010)

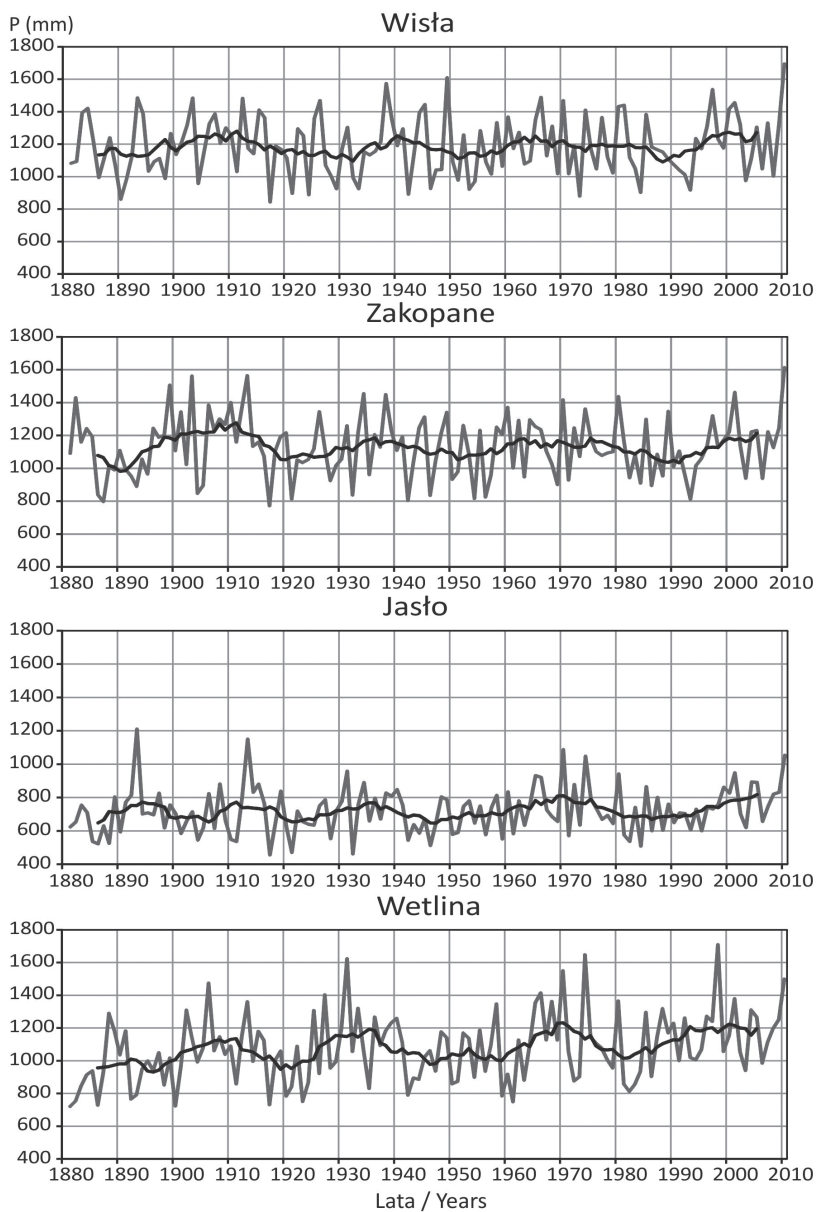
Table 3. Coefficient of trend of the precipitation totals as described by linear regression on time (1881–2010)

Stacja/Station	R <sup>2</sup>	Współczynnik regresji (mm/100 lat)/ Regression coefficient (mm/100 years)	p-wartość/ p-value	Istotność <sup>1</sup> / Significance <sup>1</sup>
Wisła	0,004	+28,4 ± 42,3	0,50241	–
Bielsko-Biała	0,000	+9,5 ± 39,9	0,81209	–
Żywiec	0,000	-0,3 ± 37,6	0,99391	–
Maków Podhalański	0,095	+134,0 ± 36,5	0,00035	***
Zakopane	0,001	+11,6 ± 42,8	0,78622	–
Nowy Sącz	0,005	+23,2 ± 28,4	0,41616	–
Krynica	0,016	+47,6 ± 33,3	0,15519	–
Jasło	0,024	+57,4 ± 31,2	0,07524	–
Dukla	0,048	+87,4 ± 34,6	0,01270	*
Sanok	0,007	+34,8 ± 35,6	0,33002	–
Wetlina	0,096	+170,0 ± 46,1	0,00034	***

<sup>1</sup> –  $\alpha > 0,05$ ; \*  $0,05 \geq \alpha > 0,01$ ; \*\*  $0,01 \geq \alpha \geq 0,001$ ; \*\*\*  $\alpha < 0,001$

Największe opady roczne w 2010 r. były w Wiśle i w Zakopanem (odpowiednio 1694,4 mm i 1612,5 mm), które stanowiły 143% średnich wieloletnich (tab. 2), a najmniejsze w Jasle – 1053,4 mm (146% średniej). Na 5 stacjach zachodnich (Wisła, Żywiec, Zakopane, Nowy Sącz, Krynica) opady w 2010 r. były największe w badanym 130-leciu (rys. 1, tab. 2), w Bielsku-Białej były to opady drugie co do wielkości. Na pozostałych stacjach suma opadów z 2010 r. plasowała się na 3. lub na 4. miejscu w 130-leciu, w Wetlinie była to 5. w kolejności wartość. Względnie najmniejsze sumy roczne na rozpatrywanych stacjach wystąpiły w Makowie Podhalańskim i w Wetlinie (139% średniej), a największe w Nowym Sączu (159% średniej).

Wykorzystując klasyfikację wielkości opadów Mrugały (2001), stwierdzono, że na wszystkich stacjach 2010 r. odznaczył się opadami anomalnie wysokimi, przy



Rys. 1. Roczne sumy opadów w latach 1881–2010 w Wiśle, Zakopanem, Jasle i Wetlinie (linia szara; linia czarna – 11-letnie średnie ruchome)

Fig. 1. Annual precipitation totals over 1881–2010 in Wisła, Zakopane, Jasło and Wetlina (grey line; black line – 11-year moving averages)

czym ogólnie lata anomalnie deszczowe występowały z częstością od 16% (Jasło) do 22% (Nowy Sącz). Na 4 stacjach (Nowy Sącz, Krynica, Sanok, Wetlina) wysokie opady w 2010 r. były poprzedzone podobnymi opadami w 2009 r. Według kryterium Kaczorowskiej (1962) r. 2010 na 2 stacjach (Nowy Sącz, Krynica) okazał się skrajnie wilgotny ( $P > 150\%$ ). Należy podkreślić, że są to jedyne przypadki tak wysokich opadów rocznych na tych stacjach w rozpatrywanym 130-leciu. Na pozostałych stacjach rok 2010 był sklasyfikowany jako bardzo wilgotny.

Wysokie opady w 2010 r. nie były zjawiskiem regionalnym, dotyczącym tylko obszaru Karpat. Wystąpiły one także w dużej części Polski, m.in. we wschodniej części Niziny Mazowieckiej, gdzie sumy roczne były największe w wieloleciu 1949–2010 i stanowiły 154% (Warszawa-Okęcie) i 138% (Siedlce) średniej sumy wieloletniej (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2012). W Krakowie suma opadów z tego roku była największa od 1863 r., a rok po raz pierwszy sklasyfikowano jako skrajnie wilgotny –  $P_{2010} = 166\%$  średniej (Woźniak 2012).

## Sumy miesięczne opadów atmosferycznych

Rok 2010 zdecydowanie wyróżnił się pod względem wysokich sum opadów w poszczególnych miesiącach. Opady powyżej średniej zdarzyły się w 7 miesiącach w Makowie Podhalańskim i Zakopanem, w 8 – w Wiśle, Bielsku-Białej, Żywcu, Nowym Sączu i Wetlinie, i w 9 – w Krynicy, Jasle, Dukli i Sanoku (tab. 4). Na wszystkich stacjach opady większe od średniej wieloletniej sumy miesięcznej wystąpiły od maja do września. Suma opadów z tych 5 miesięcy stanowiła od 72% (Wetlina) do 79% (Nowy Sącz) opadów rocznych z 2010 r. na tych stacjach, gdy średnio opady z tych miesięcy mają wkład do sumy rocznej od 55% do 63%. Były to największe wartości w rozpatrywanym 130-leciu na 10 stacjach (w Jasle 3. co do wielkości). Największe przewyższenie średniej sumy opadów z tych miesięcy było w Wiśle – 569,6 mm, a najmniejsze w Jasle – 354,5 mm, ale sumy te stanowiły podobnie nieco powyżej 180% (odpowiednio 186% i 182%) średniej sumy wieloletniej. Na rysunku 2 można zauważyć, jak duże było przewyższenie tych opadów w 2010 r. w stosunku do wcześniej występujących, na stacjach położonych na podobnej wysokości nad poziomem morza, ale we wschodniej i zachodniej części obszaru. W Makowie Podhalańskim odchylenie od średnich opadów z miesięcy maj–wrzesień większe niż 300 mm zdarzało się kilkakrotnie, w Dukli natomiast w 2010 r. to odchylenie było zdecydowanie największe. Względne największe opady w tych 5 miesiącach były w Krynicy (203% średniej wieloletniej), a najmniejsze w Makowie Podhalańskim (174%). W Wetlinie ponadto opady z tych miesięcy w 2010 r. były niemal równe średniej wieloletniej sumie rocznej opadów, a w Nowym Sączu stanowiły aż 125% tej średniej.

Tab. 4. Sumy opadów w 2010 r. na tle sum wieloletnich (1881–2010)  
Table 4. Precipitation totals in 2010 compared to the precipitation totals from the period 1881–2010

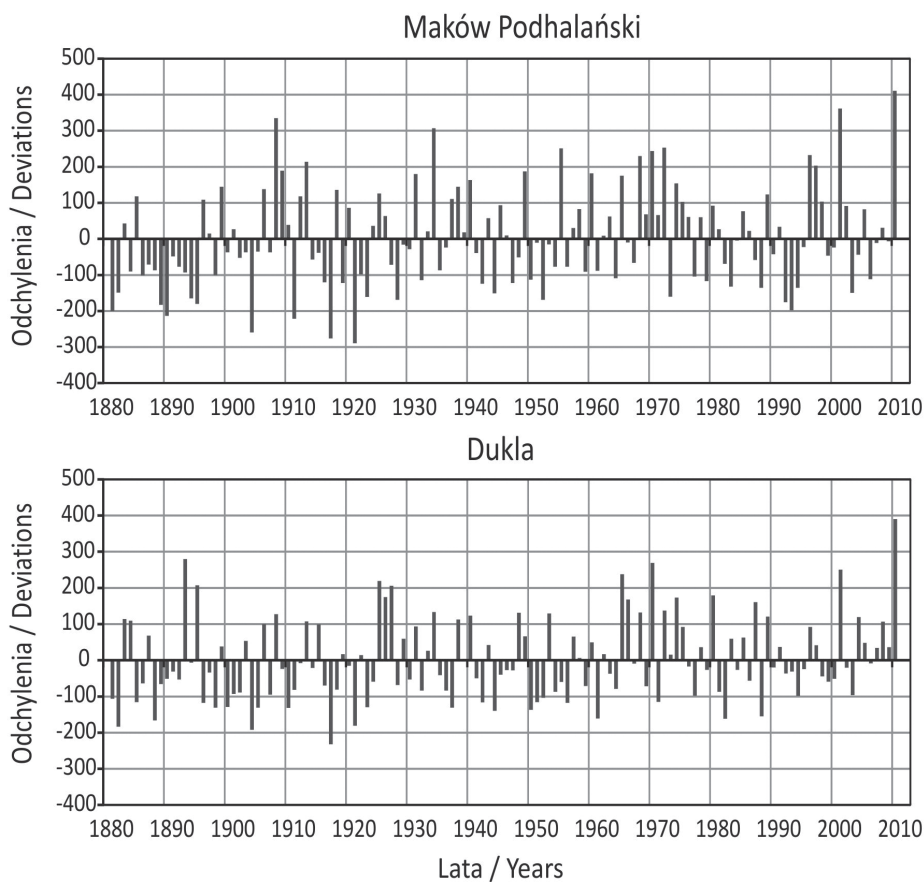
Stacja/ Station	Miesiące / Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wisła	1	68,5	63,2	76,6	81,2	111,1	161,0	137,6	101,6	85,8	78,5	72,6
	2	85,3	55,4	38,6	87,8	<b>535,3</b>	176,3	164,1	219,9	134,6	78,2	87,4
	3	125	88	50	108	482	118	160	132	37	100	120
	4	5	3	2	5	32	10	13	8	2	5	5
Bielsko-Biała	1	45,2	43,7	53,3	69,1	107,2	137,0	142,9	127,2	72,4	59,0	52,1
	2	56,0	38,3	26,8	75,0	<b>515,7</b>	161,6	144,5	202,7	114,7	26,1	58,5
	3	124	88	50	108	481	118	101	159	132	36	99
	4	4	3	2	5	35	11	10	14	8	2	4
Żywiec	1	41,7	38,8	47,5	57,7	93,1	124,8	133,7	110,6	78,0	59,0	44,5
	2	47,6	33,0	24,4	62,4	<b>463,0</b>	145,8	138,3	180,5	103,7	20,8	51,8
	3	114	85	51	108	497	117	103	163	133	35	98
	4	4	2	2	5	35	11	10	14	8	2	4
Maków Podhalański	1	44,8	43,5	47,5	63,6	97,1	124,8	138,0	113,0	78,2	63,6	50,9
	2	31,8	46,2	28,3	89,5	<b>272,9</b>	177,4	236,7	134,5	138,7	20,7	49,4
	3	71	106	60	141	281	142	172	119	177	33	97
	4	3	4	2	7	22	14	19	11	11	2	4
Zakopane	1	47,6	46,3	58,0	77,1	123,4	166,7	183,0	143,3	98,6	76,6	59,9
	2	34,8	49,6	35,8	109,0	<b>350,5</b>	236,6	317,0	170,7	174,3	25,3	59,9
	3	73	107	62	141	284	142	173	119	177	33	100
	4	2	3	2	7	22	15	20	11	11	2	4
Nowy Sącz	1	35,1	31,9	37,7	48,2	79,4	106,7	114,3	92,5	63,3	46,7	38,0
	2	37,8	30,8	25,4	68,0	<b>265,7</b>	195,2	142,1	152,9	154,5	9,0	43,0
	3	108	96	67	141	335	183	124	165	244	19	113
	4	3	3	2	6	23	17	12	13	13	1	4



Stacja/ Station	Miesiące / Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Krynica	1	51,5	45,9	49,5	58,1	90,4	113,8	116,5	100,0	73,5	60,1	52,7
	2	56,1	44,5	33,9	82,0	<b>301,3</b>	209,5	147,4	167,0	179,2	11,6	53,4
	3	109	97	68	141	333	184	127	167	244	19	101
	4	4	3	3	6	22	16	11	12	13	1	4
Jasło	1	35,8	32,7	37,9	49,8	76,0	96,9	108,4	85,2	63,5	52,8	40,0
	2	37,6	46,4	23,3	51,9	196,8	137,8	233,4	104,2	112,4	18,8	55,0
	3	105	142	61	104	259	142	215	122	177	36	138
	4	4	4	2	5	19	13	22	10	11	2	5
Dukla	1	42,7	41,5	42,7	61,5	85,6	110,0	121,9	96,1	73,3	61,1	45,9
	2	47,9	61,9	26,6	62,5	221,4	150,5	<u>260,4</u>	116,1	126,9	22,3	61,5
	3	112	149	62	102	259	137	214	121	173	37	134
	4	4	5	2	5	18	13	22	10	11	2	5
Sanok	1	39,2	36,0	39,7	52,7	82,3	107,5	115,8	94,6	74,3	56,0	42,4
	2	44,5	54,7	25,4	56,5	214,4	156,1	<u>251,8</u>	117,9	127,6	20,6	60,6
	3	114	152	64	107	260	145	217	125	172	37	143
	4	4	5	2	5	18	13	21	10	11	2	5
Wetlina	1	49,1	56,2	65,4	72,9	103,6	133,4	136,1	115,1	102,1	94,3	64,4
	2	50,7	76,4	38,1	70,9	<b>277,8</b>	187,5	<u>291,6</u>	142,0	174,2	33,3	85,5
	3	103	136	58	97	268	141	214	123	171	35	133
	4	3	5	3	5	19	13	19	9	12	2	6

Objaśnienia: 1 – suma średnia wieloletnia (mm), 2 – suma w 2010 r. (mm), 3 – suma w 2010 r. (w % średniej), 4 – suma w 2010 r. (w % sumy rocznej).  
 Podkreślono wartość największą w 2010 r. Pogrubione zostały zaznaczone wartości największe w okresie badań.

Explanations: 1 – long-term average total (mm), 2 – total in 2010 (mm), 3 – total in 2010 (in % of average), 4 – total in 2010 (in % of the annual total).  
 The highest total in 2010 is underlined. The highest total in 1881–2010 is indicated in bold.



Rys. 2. Odchylenia sum opadów (mm) z miesięcy od maja do września w poszczególnych latach od średniej wieloletniej (1881–2010) w Makowie Podhalańskim i Dukli

Fig. 2. Deviation of precipitation totals (mm) of the months May to September in particular years from the long-term average (1881–2010) in Maków Podhalański and Dukla

W innych regionach Polski opady w tych miesiącach także wyróżniały się na tle wielolecia. W Warszawie-Okęciu w ciągu miesięcy maj–wrzesień spadło 66% sumy rocznej z 2010 r., a w Krakowie aż 77%. Dodatkowo opady z tego okresu stanowiły odpowiednio 101% średniej rocznej sumy wieloletniej (1951–2010) w Warszawie-Okęciu (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2012) i 127% średniej rocznej sumy wieloletniej (1863–2010) w Krakowie (Woźniak 2012).

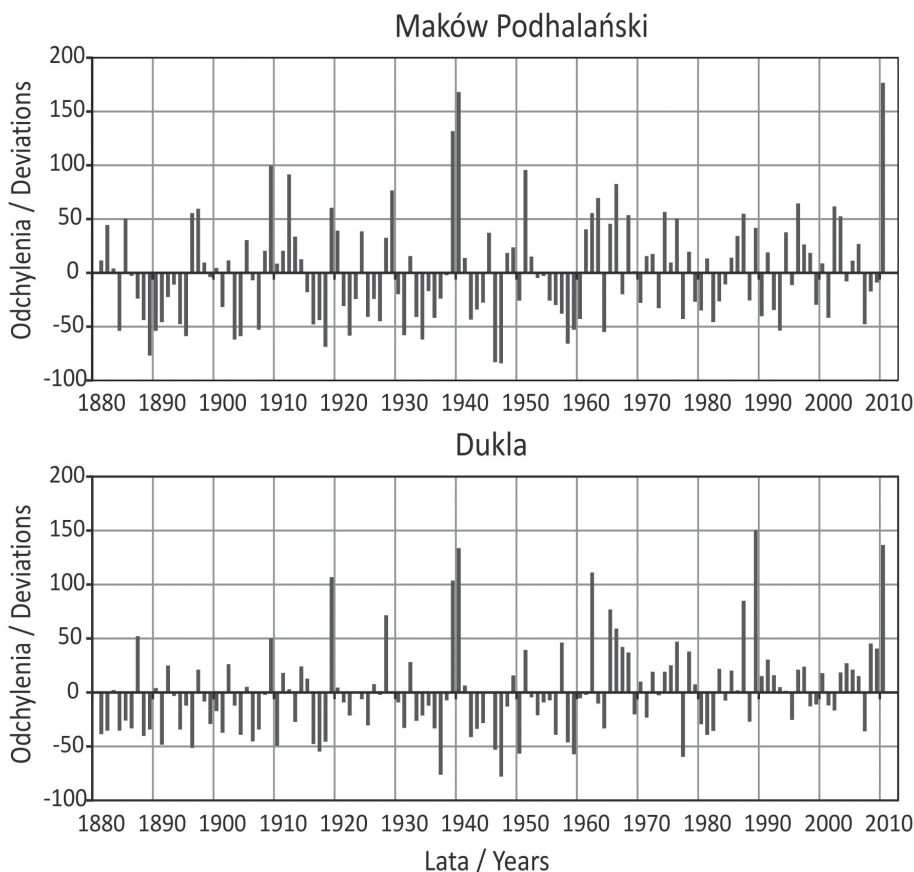
W Karpatach Polskich, podobnie jak w całej Polsce, najwyższe miesięczne sumy opadów w ciągu roku występują od maja do września, głównie w czerwcu, lipcu

i sierpniu (Cebulska, Twardosz 2012). W 2010 r. największe opady miesięczne na większości stacji wystąpiły w maju (tab. 4), a na stacjach we wschodniej części profilu (Jasło, Dukła, Sanok, Wetlina) w lipcu (opady w maju były drugie co do wielkości). Największe opady w maju na badanym obszarze wystąpiły w Wiśle (535 mm), Bielsku-Białej (516 mm) i Żywcu (463 mm) – w zachodniej części profilu, najmniejsze natomiast w Jasle (197 mm), Sanoku (214 mm) i Dukli (221 mm) – we wschodniej części profilu. Ponadto opady w maju 2010 r. na większości stacji (w tym na 7 stacjach zachodnich) były najwyższe w tym miesiącu od 1881 r. (tab. 4), jedynie w Jasle, Dukli i Sanoku były drugie co do wielkości. W Wiśle opady w maju 2010 r. były większe od średniej wieloletniej sumy miesięcznej o 424,2 mm, a w Bielsku-Białej o 408,5 mm, najmniejsze przewyższenie było natomiast w Jasle – 120,7 mm. Porównanie wysokości opadów w maju 2010 r. na tle wielolecia (1881–2010) zobrazowano na przykładzie opadów na stacjach leżących na podobnej wysokości nad poziomem morza, czyli w Makowie Podhalańskim i w Dukli (rys. 3). W zachodniej części obszaru (Maków Podhalański) przewyższenie w 2010 r. było największe w rozpatrywanym okresie, a na stacji w części wschodniej (Dukla) należało do jednych z największych. Wartości względne opadów w maju 2010 r. były największe w Żywcu (497% średniej), Wiśle (482%) i Bielsku-Białej (481%); stanowiły one 32% (Wisła) i 35% (Żywiec i Bielsko-Biała) sumy rocznej 2010 (tab. 4) i odpowiednio 45 i 52–53% średnich opadów rocznych na tych stacjach.

We wschodniej części obszaru badań opady z maja 2010 r. stanowiły od ok. 260% (Jasło, Dukła, Sanok) do 268% (Wetlina) średniej sumy wieloletniej, miały ok. 18% udział w opadzie rocznym oraz stanowiły 26–27% średniej wieloletniej sumy rocznej opadów.

W Krakowie opady w maju 2010 r. były najwyższe w tym miesiącu od 1863 r. i stanowiły 386% odpowiedniej średniej wieloletniej i aż 25% sumy rocznej tego r. (Woźniak 2012). W Warszawie-Okęciu suma opadów w maju 2010 r. osiągnęła 219% średniej wieloletniej i była drugą pod względem wielkości w wieloleciu 1951–2010, a jej wkład do sumy rocznej 2010 r. wyniósł 14% (Kossowska-Cezak, Skrzypczuk 2012). Oprócz tego we wschodniej części Niziny Mazowieckiej niezwykle deszczowy był listopad. Suma opadów w tym miesiącu była największa w wieloleciu i stanowiła 269% (Siedlce) i 273% (Warszawa-Okęcie) odpowiedniej średniej wieloletniej.

Na podstawie klasyfikacji Mrugały (2001) stwierdzono, że w 2010 r. w Karpatach Polskich liczba miesięcy anomalnie deszczowych wahała się od 2 w Wiśle, Bielsku-Białej i Żywcu do 6 w Sanoku. Na wszystkich stacjach maj określono jako miesiąc o dodatniej anomalii opadowej. Anomalnie wysokie były także opady w czerwcu (na 7 stacjach), w lipcu (na 6 stacjach), sierpniu (na 5 stacjach) i wrześniu (na 8 stacjach) oraz w lutym i grudniu (na 2 stacjach). Na wszystkich stacjach anomalnie suchy był październik, a na 5 stacjach w części zachodniej i w Jasle również marzec. Jak wykazały badania A. Woźniak (2012) w Krakowie opady anomalnie wysokie w 2010 r.



Rys. 3. Odchylenia sum opadów (mm) w maju w poszczególnych latach od średniej wieloletniej (1881–2010) w Makowie Podhalańskim i Dukli

Fig. 3. Deviation of precipitation totals (mm) in May in particular years from the long-term average (1881–2010) in Maków Podhalański and Dukla

wystąpiły w 6 miesiącach (maj–wrzesień i listopad) i po raz pierwszy w okresie 1863–2010 zdarzył się ciąg pięciu takich miesięcy.

Na opady atmosferyczne w Polskich Karpatach wpływają, podobnie jak w całej Polsce, oprócz czynników geograficznych, również czynniki cyrkulacyjne. A. Woźniak (2012), wykorzystując kalendarz typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia, wykazała na przykładzie Krakowa, że wysokie opady w 2010 r. były wynikiem zwiększonej częstości cyklonalnych typów cyrkulacji w południowej Polsce. Niezwykle często typy cyklonalne zdarzyły się wiosną, szczególnie w maju. W tym miesiącu naj-

częściej występowały typy charakteryzujące się adwekcją z sektora północnego i bruzda cyklonalna (Bc). Przy takim kierunku napływu mas powietrznych najsilniej zaznacza się rola bariery orograficznej Karpat (Niedźwiedz, Czekierda 1998), co wyjaśnia wystąpienie największych opadów w Beskidach Zachodnich i w Tatrach. Typy cyklonalne dominowały także latem i jesienią. Wyjątkiem był październik, kiedy najczęściej występowały typy antycyklonalne, co przełożyło się na niewielkie opady w tym miesiącu w całych Karpatach Polskich, a także m.in. w Krakowie i Warszawie-Okęciu.

## Podsumowanie i wnioski

W Karpatach Polskich 2010 r. wyróżnił się bardzo dużymi opadami rocznymi, które były jednymi z najwyższych od 1881 r. Nie było to zjawisko w skali regionalnej i rok ten wyróżnił się pod względem wielkości sum opadów m.in. w Warszawie i Krakowie. Największe opady w 2010 r. na rozpatrywanym tutaj obszarze wystąpiły na Pogórzu Śląskim, w Beskidzie Śląskim, Żywieckim, Małym oraz w Tatrach i zmniejszały się w kierunku wschodnim, ale na wszystkich stacjach były anomalnie wysokie. Duża suma roczna była kształtowana przede wszystkim przez opady z miesięcy od maja do września (72–79%), a zwłaszcza z maja (18–35%), która stanowiła aż 53% w Żywcu i 52% w Bielsku-Białej średniej sumy rocznej opadów. Na większości stacji na ten miesiąc przypadły najwyższe miesięczne sumy opadów w 2010 r., które stanowiły od 259% (Dukla) do 497% (Żywiec) średniej sumy wieloletniej w maju. Na 8 stacjach były to wartości największe w badanym 130-leciu.

W zachodniej części Karpat Polskich wysokie opady roczne były wynikiem wystąpienia niezwykle dużych sum opadów w 2–3 miesiącach, z największym udziałem opadów w maju. We wschodniej części obszaru badań opady były natomiast bardziej rozłożone w czasie – wysoka suma roczna wynikała z większej liczby miesięcy z sumami powyżej odpowiedniej średniej.

Przyczyną wystąpienia tak dużych opadów w 2010 r. w Polsce Południowej była zwiększona częstość cyklonalnych typów cyrkulacji, szczególnie wiosną. Największe opady wystąpiły w regionach, gdzie najmocniej zaznacza się wpływ wysokich gór jako przeszkody dla wilgotnych mas powietrza z sektora północnego.

## Literatura

Brzeźniak E., 2007, *Zmiany opadów atmosferycznych w Karpackim Wschodnim regionie opadowym w drugiej połowie XX wieku* [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 397–401.

- Cebulak E., 1998–1999, *Charakterystyka wysokich opadów wywołujących wezbrania rzek karpackich*, Folia Geographica, Series Geographica – Physica, 29–30, 43–65.
- Cebulska M., Twardosz R., Cichocki J., 2007, *Zmiany rocznych sum opadów atmosferycznych w dorzeczu górnej Wisły w latach 1881–2030*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 383–390.
- Cebulska M., Twardosz R., 2012, *Zmienność czasowa najwyższych miesięcznych sum opadów atmosferycznych w polskich Karpatach Zachodnich (1951–2005)*, Prace Geograficzne UJ, 128, 123–134.
- Grela J., Słota H., Zieliński J. (red.), 1999, *Dorzecze Wisły – monografia powodzi lipiec 1997*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, Prace Geograficzne PAN, 33, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., Skrzypczuk J., 2012, *Zmiany roczne i wieloletnie opadów atmosferycznych we wschodniej części Niziny Mazowieckiej (na przykładzie Warszawy-Okęcia i Siedlec)*, Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, t. 26/27, Z badań klimatu Mazowsza, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 540–559.
- Maciejewski M., Ostojewski M., Walczykiwicz T. (red.), 2011, *Dorzecze Wisły: monografia powodzi maj–czerwiec 2010*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Milata W., 1955, *Synoptyka wielkich opadów atmosferycznych w Karpatach*, Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny, 8 (3–4), 210–217.
- Mrukała S., 2001, *Opady atmosferyczne o normalnej i anomalnej wysokości na obszarze Polski (1951–1990)*, Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Mycielska H., 1979, *Atlas typowych sytuacji synoptycznych przy występowaniu opadów powodziowych w dorzeczu górnej Wisły (1951–1960)*, Wydawnictwa IMGW, Warszawa.
- Mycielska H., Michalczewski J., 1972, *Meteorologiczne przyczyny wezbrania w lipcu 1970 r.* [w:] W. Depczyński i in. (red.), *Powódź w lipcu 1970 r. – Monografia*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 17–42.
- Niedźwiedz T., Czekierda D., 1998, *Cyrkulacyjne uwarunkowania katastrofalnej powodzi w lipcu 1997 roku* [w:] *Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku*, Wyd. Oddziału PAN w Krakowie, 53–65.
- Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1991, *Klimat* [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, Wydawnictwo PWN, Kraków, 68–84.
- Woźniak A., 2012, *Opady w 2010 roku w Krakowie na tle wielolecia 1863–2010*, Przegląd Geofizyczny, 3–4, 406–419.

Anna Woźniak  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Jagielloński  
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków  
anna2.wozniak@uj.edu.pl